

도로관리통합시스템을 위한 도로영상수집차량개발

정동훈* · 성정곤**

Development of Highway Photologging Vehicle for the Highway Management System

Dong-Hoon Jeong* · Jung-Gon Sung**

요 약

건설교통부에서는 기존의 도로현황을 더욱 빠르고 정확하게 파악하기 위해 도로관리통합시스템에서 전국의 일반국도에 대해 위치정보를 가진 디지털 영상을 제공하는 방안을 추진 중에 있다. 이를 위해 한국건설기술연구원에서는 도로를 주행하면서 일정 거리간격으로 2매의 고해상도의 칼라 CCD영상을 취득할 수 있는 도로영상취득차량을 개발하였다. 본 논문에서는 특히 영상취득 S/W와 동기화장치 개발에 대해 기술하였으며 실험을 통해 차량의 궤적 정확도, 영상취득 S/W, 동기화 장치의 성능을 검토한 결과 도로관리통합시스템에서 필요한 도로영상을 취득하는데 적합한 것으로 판단된다.

주요어 : 도로관리통합시스템, 도로영상, CCD 카메라, 센서 동기화

ABSTRACT : To understand present road state quickly and correctly, The Ministry of Construction and Transportation pushing on with their plan that they offer digital images to user with position information in the HMS(Highway Management System). For that plan, the Korea Institute of Construction Technology developed a highway photologging vehicle which could acquire two high resolution color CCD images with fixed distance on the way to run.

In this paper, especially, development of image aquisition S/W and synchronization device are described. And also their performance and trajectory accuracy are investigated together. As a result, it could be known that the newly developed highway photologging vehicle is suitable to the road image acquisition work for the HMS.

Key words : Highway Management system, Road Image, CCD Camera, System Integration

*한국건설기술연구원 도로연구부 선임연구원

**한국건설기술연구원 도로연구부 수석연구원

1. 서 론

기존의 도로 관련 시스템들(도로대장전산화; NAHMIS, 포장관리시스템; PMS, 교량관리시스템; BMS, 교통량조사시스템; TMS, 도로절개면유지관리시스템; CSMS)은 단위 업무 중심의 개별 시스템으로 운용되어 자료의 공유가 불가능하고 자료의 중복 저장에 따른 많은 시간 및 비용이 소요되었다. 이러한 문제를 해결하고 도로의 체계적인 유지관리를 위해 한국건설기술연구원에서는 건설교통부의 지원을 받아 1997년부터 도로관리통합시스템(Highway Management System, HMS)의 개발 연구에 착수하였다. 도로관리통합시스템은 기존의 도로 관련 시스템에 통일된 이점관리체계를 적용하여 도로관리용 수치지도와 도로영상 등 각종 도로 관련 정보를 연계함으로써 자료의 중복 저장을 방지하고 시스템간의 정보 공유를 통해 도로 시설물의 종합적인 정보를 제공할 수 있는 시스템으로 개발되었다(건설교통부, 2004).

또한 최근에는 기존의 문서를 기반으로 한 기존관리시스템의 통합에 그치지 않고 시스템 사용자가 도로 현황을 더욱 파악하기 쉽도록 하기 위해 도로상의 위치정보를 가진 디지털 영상을 제공하는 방안을 추진 중에 있다. 대상으로 하는 도로는 총연장 약 12,000km(상·하행 약 24,000km)의 일반국도이다. 이를 위해 한국건설기술연구원에서는 도로를 주행하면서 일정 거리간격으로 2매의 고해상도 칼라 CCD영상을 취득할 수 있는 도로영상수집차량을 개발하였다.

이 차량의 운영을 통해 도로관리자에게 실제적인 도로 현황을 시각적으로 제공함으로써 문자 정보에 대한 전달 능력의 한계를 보완하고, 재해 시에는 사무실에서 도 특정위치의 현황을 쉽게 파악할 수 있게 된다.

2. 도로영상수집차량 개요

도로시설물의 정확한 위치를 결정하기 위해서는 주행 중 카메라가 탑재된 차량의 위치뿐만 아니라 영상을 통해 시설물의 위치를 결정할 수 있도록 사진측량학적인 기술을 적용하여야 한다. 근래에 국내외에서 이 기술을 적용하여 대상물의 위치를 약 30cm내외의 정확도로 결정할 수 있도록 개발된 것이 차량측량시스템(Land-based Mobile Mapping System)이다.

도로영상수집차량은 차량측량시스템과 마찬가지로 언제 어디서든 차량의 위치를 정확하게 결정하기 위해 위성측위시스템(GPS: Global Positioning System), 관성측정장치(IMU: Inertial Measurement Unit), 거리측정장치(DMI: Distance Measuring Instrument) 등을 사용한다. GPS만을 단독으로 사용하더라도 차량의 위치는 알 수 있으나 지역 여건에 따라서는 GPS 신호를 수신하기 어렵거나 정확도가 떨어지는 현상이 발생한다. 따라서 IMU와 DMI 같은 장치들을 통합하여 사용하는데, 이는 위치결정의 정확도를 높이고 GPS의 수신이 어렵거나 불가능한 지역에서도 지구상의 3차원 위치를 정확히 측정할 수 있다는 장점이 있다(건설기술연구원, 2003).

차량측량시스템은 대상물의 위치를 정확히 결정할 수 있다는 장점은 있지만 2대 이상의 카메라로 동일한 영역을 중복 촬영하여야 하고 카메라검교정, 직접위치 참조, 3차원위치결정 등의 작업과정을 필요로 한다(Cameron Ellum, Naser E-Sheimy, 2002). 그러나 도로영상수집차량에서 영상을 취득하는 주 목적은 도로의 현황을 파악하기 위한 보조적인 수단으로 사용하기 위한 것이기 때문에 수치사진측량을 필요로 하지 않는다. 따라서 영상을 중복촬영하지 않고 전방과 우측방을 서로 다른 카메라로 동시에 촬영한다. 그 대신 위치를 알고자 하는 시설물이 있을 경우에는, 차량이 그 시설물에 가장 근접할 때 작업자가 키패드상의 해당 키를 누름으로써 3차원 위치를 결정할 수 있도록 하였다. 다음의 [그림 1]은 도로영상수집차량의 외관을 보인 것이고 [그림 2]는 차량 내부를 나타낸 것이다.

본 연구에서는 차량의 주행 중에 위치 및 자세를 측정하기 위해 자료 수신용 컴퓨터와 4개의 센서(IMU, DMI, 2개의 GPS

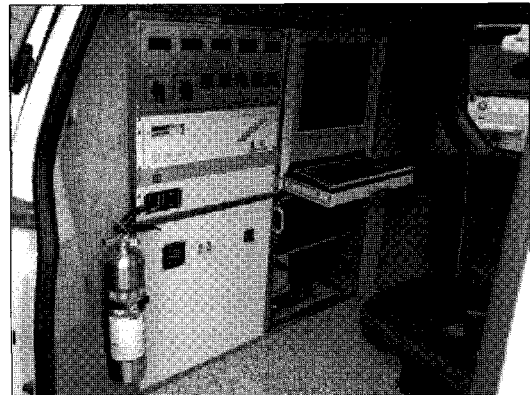
안테나)로 이루어져 있는 캐나다 Applanix사의 POS LV 장비를 사용하였다. 수신된 자료는 POSpac이라고 하는 후처리 프로그램을 통해 영상이 촬영된 시점의 정확한 위치와 자세를 산출하는데 사용된다. 특히 후처리 시 위치결정정확도는 평면에서 약 2cm 높이에서 약 3cm의 평균제곱근오차(RMSE: Root Mean Square Error)를 나타내는 것으로 알려져 있다(Applanix, 2003; Graefe, G. et al., 2001). POSpac은 위치 및 자세 측정시스템으로 취득한 자료를 통해 영상이 촬영된 시점의 차량 위치와 자세를 산출하는 후처리 S/W이다. POSpac은 Extract, POSGPS, POSProc, OUTPUT 등 4개의 모듈로 이루어져 있다.

3. 영상취득 S/W 개발

<표 1>은 본 연구에서 사용한 영상취득 장치로서 CCD 카메라와 렌즈, 프레임그래버에 대한 사양을 간단히 정리한 것이다. JAI CV-M7+ CL은 RGB 우선 칼라 모



[그림 1] 도로영상수집차량



[그림 2] 차량내부

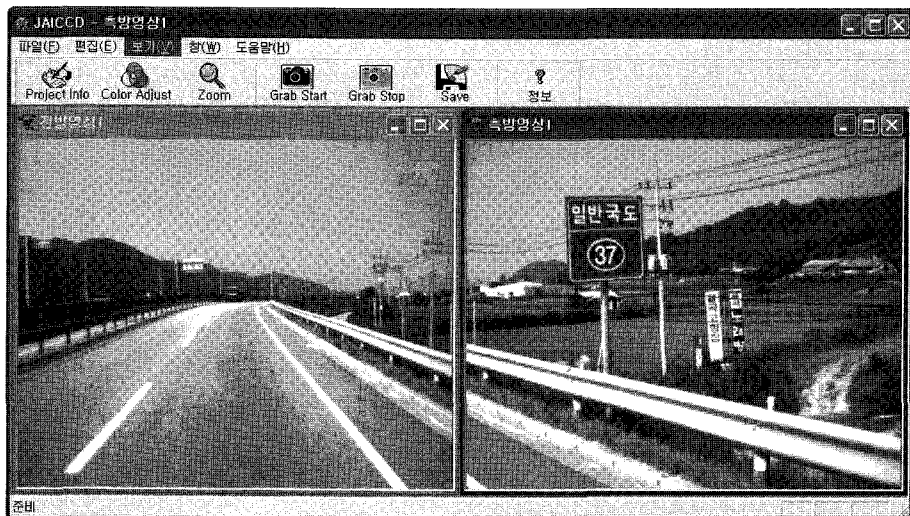
<표 1> 영상취득장치 사양

항 목	내 용
카메라	JAI CV-M7+ CL (칼라)
영상 크기	1380 * 1030
셀 크기	6.45 μ m * 6.45 μ m
유효 칩 크기	8.90mm * 6.64mm
CCD 센서	Digital 2/3 " progressive scan IT CCD
렌즈	Pentax 16mm, Auto-Iris
수평 시야각	31° 5' 19"
수직 시야각	23° 27' 25"
프레임그래버	Matrox Meteor-II Camera Link

자이크 필터를 사용하는 순차스캔(Progressive Scan)방식의 고해상도 칼라 IT-CCD 카메라이다. 이 카메라의 픽셀은 정방형이므로 특히 처리, 측정, 분석용으로 적합하다. 프레임 그래버는 카메라에 들어오는 연속된 영상 신호를 받아들여 정지영상으로 저장하는 PCI(Peripheral Component Interconnect) 카드를 말한다. 카메라에서 취득한 자료는 프레임 그래버에 전송되는데 프레임그래버는 이를 수

집하고 소프트웨어 변환을 통해 칼라 영상을 표시하는 역할을 한다. 렌즈는 단초점 Auto-Iris 방식을 사용하였는데 이는 영상의 포괄면적을 일정하게 유지하는 동시에 빛의 밝기가 일정하지 않은 경우에도 동일한 밝기의 영상을 제공한다.

[그림 3]은 본 연구에서 개발한 영상취득 프로그램의 실행화면을 나타낸 것이다. 프로그램을 실행한 뒤 "Grab Start" 버



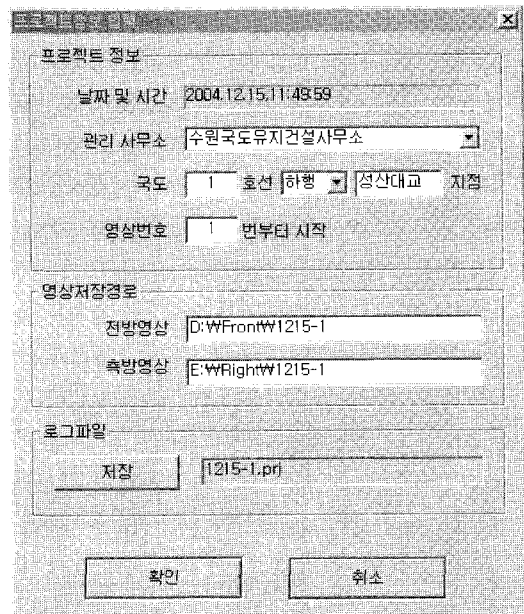
[그림 3] 영상취득 프로그램

튼을 클릭하면 동기화장치로부터 매 10m마다 발생하는 신호에 의해 영상이 취득된다. 또 "Save" 버튼을 클릭하면 취득된 영상이 저장된다. 카메라는 약 1.9m 높이의 차량 지붕에 설치하였고 카메라의 방향을 쉽게 조정할 수 있도록 Pan/Tilt 마운트를 사용하였다. 모니터 화면의 해상도가 일반적으로 1380*1030 화소이고 두 개의 영상을 동시에 한 화면에 표시하여야 하기 때문에 영상을 1/3로 축소하여 나타내도록 하였다. 물론 저장되는 영상의 크기는 1380*1030로 유지된다. 본 연구에서 개발한 영상취득 프로그램은 다음과 같은 특징을 갖는다.

- ① 동시에 두 대의 카메라 영상을 취득할 수 있으며 자동저장 여부를 선택할 수 있다.
- ② 10m 거리간격으로 영상을 자동 취득할 수 있다.
- ③ 화소값에 대한 각 색상의 강도와 화소값에 따른 각 색상의 밝기를 조정할 수 있다. 즉 게인값 설정이 가능하다.
- ④ 영상은 jpg형식으로 저장되며 압축률을 조정할 수 있다.

매 10m마다 취득되는 도로영상은 그 수와 용량이 크기 때문에 영상취득 시의 정보를 알지 못하면 영상의 활용이나 관리의 측면에서 혼란이 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 각 작업에 대한 정보를 기록할 수 있는 프로젝트정보 입력창을 두어 영상취득 작업을 시작하기 전에 각 정보를 입력하도록 하였다.

[그림 3]의 "Project Info" 버튼을 클릭하면 [그림 4]와 같은 프로젝트정보 입력창이 나타난다. 각 정보를 입력하고 로그파일 "저장"버튼을 클릭하면 저장파일명을 선택할 수 있다. 프로젝트 파일에는 날짜 및 시간, 영상을 취득하는 국도의 관리 사무소, 국도의 번호, 상하행 구분, 영상촬영 시작지점, 영상 시작번호 등이 기록되고 부가적으로 영상저장경로가 기록된다.



[그림 4] 프로젝트정보 입력창

이때 하드디스크의 기록 속도를 감안하여 각 영상이 각기 다른 디스크 드라이브에 저장되도록 하는 것이 효과적이다. 일례로 80km/h의 속도로 주행할 경우에는 약 22m/s이므로 매 10m마다 영상을 취득하면 영상의 촬영, 압축, 저장 등 일련의 과정이 0.45초마다 반복되어야 한다. 특히 일련의 과정 중 저장에는 하드디스크의

회전속도, 쓰기 속도와 같은 물리적인 제약을 받기 때문에 가능한 한 하드디스크의 부담을 줄이는 것이 바람직하다. 프로젝트 정보가 입력되면 이후 취득된 영상은 다음과 같은 체계에 따라 파일명이 부여된다.

AABBBCDDDDDEEEEE.jpg

AA	관리사무소코드[2자리]
BBB	일반국도 노선번호[3자리]
C	상하행 구분[1자리]
DDDDDD	촬영일자[6자리]
EEEE	촬영순서[5자리]

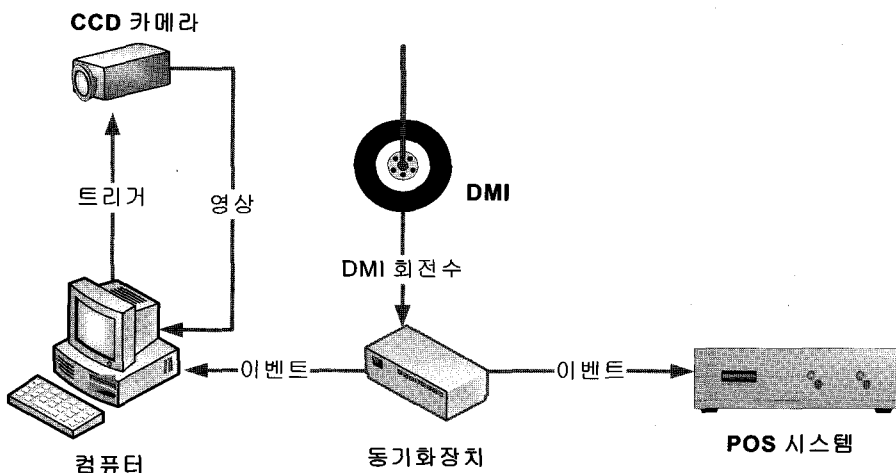
일례로 수원국도유지건설사무소 관할 1번 국도를 하행을 2005년 9월 7일에 촬영하는 경우 첫 번째 촬영된 영상은 관리사무소코드가 11(수원국도유지건설사무소), 노선번호는 001, 상하행구분은 2(하행), 촬영일자는 050907, 촬영순서는 00001이다.

즉, 영상의 파일명은 11001205090700001.jpg가 된다. 이렇게 파일명에 영상정보를 기록하여 덤으로써 영상의 검색 및 관리에 효율성을 기할 수 있을 뿐만 아니라 파일명이 영상의 고유한 코드가 됨에 따라 도로관리통합시스템 DB에 입력 시에도 중복 입력에 따른 오류를 줄일 수 있다.

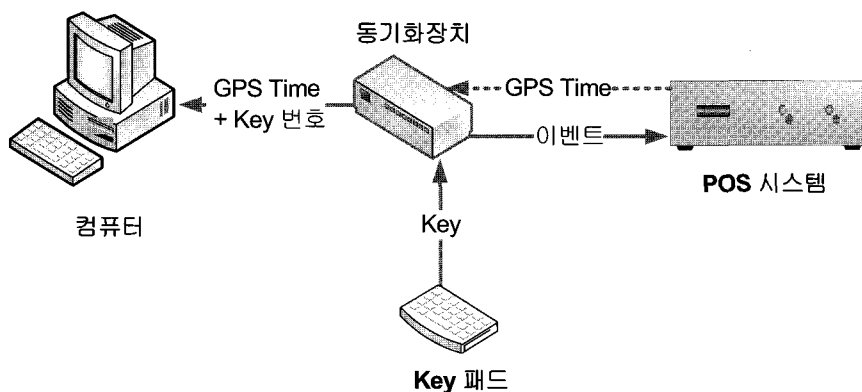
4. 동기화 장치 개발

본 연구에서는 도로영상수집차량에 설치된 다중센서들로부터의 신호를 동기화하기 위해 동기화장치를 개발하였다. 동기화장치는 두 가지 역할을 담당하는데 그 첫 번째는 매 10m마다 이벤트를 발생시켜 CCD 영상을 취득하는 것이고 두 번째는 키패드의 키가 입력될 때마다 그 GPS time과 키 번호를 컴퓨터에 저장하는 것이다.

우선, 첫 번째 역할은 [그림 5]에 보인



[그림 5] DMI 회전수에 의한 시스템 동기화



[그림 6] Key 입력으로 GPS time 가져오기

바와 같다. 즉 DMI로부터 입력되는 회전 수를 누적하여 10m에 해당하는 회전수가 되면 동기화장치는 이벤트 신호를 발생시켜 POS 시스템과 컴퓨터의 PCI 슬롯에 삽입되어 있는 프레임그래버에 신호를 주게 된다. 프레임그래버는 CCD 카메라를 작동시켜 영상을 취득하고 하드디스크에 저장하도록 한다. 이때 POS 시스템으로 입력된 이벤트는 GPS time과 함께 저장되는데 이렇게 취득된 자료는 GPS time을 매개로 하여 영상이 촬영된 시점의 위치 및 자세정보를 계산하게 된다.

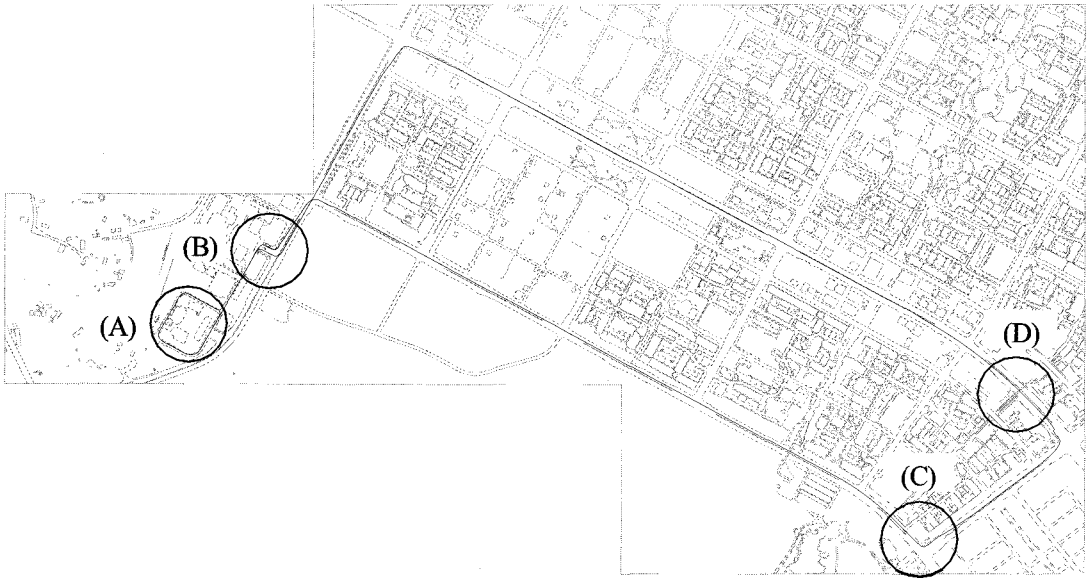
두 번째 역할은 [그림 6]과 같이 차량의 주행 중에 작업자가 임의로 키패드를 통해 이벤트를 입력하면 GPS time 있도록 즉, 교량이나 교차로, 터널 등과 같이 시설물의 정확한 위치보다는 어떤 종류의 시설물의 어느 정도의 위치에 있는지를 쉽게 파악하기 위한 경우에는 차량이 도로를 주행하는 중에 해당하는 키를 누름으로써 대략적인 시설물의 위치를 효율적으로 파악할 수 있다. 이 경우 동기화장치는 GPS time을 POS 시스템으로부터 받

아서 자체 시계를 동기화 해 두었다가 이벤트가 들어올 때의 GPS time과 눌린 키번호를 컴퓨터에 넘겨주게 된다. 동시에 POS 시스템에도 이벤트를 입력하여 후처리 시 이벤트가 입력된 시점의 위치를 알 수 있도록 한다.

5. 실험 및 결과

영상수집 S/W 및 동기화장치의 성능, 위치정확도 등을 테스트하기 위해 도로영상수집차량에 위치 및 자세 측정시스템을 장치하고 한국건설기술연구원 주변 도로를 주행하였다. 정확한 위치 비교를 위해서는 수치지도상의 특정 위치를 지날 때의 차량의 기준점을 일치시킨 후 그 좌표를 계산하여야 하는데 일정속도로 주행하는 차량으로는 이러한 조건을 충족하기 어렵기 때문에 본 연구에서는 계산된 차량의 궤적과 도로의 선형을 중첩하여 시각적으로 비교해 보았다.

실험주행 노선은 한국교통연구원 정문



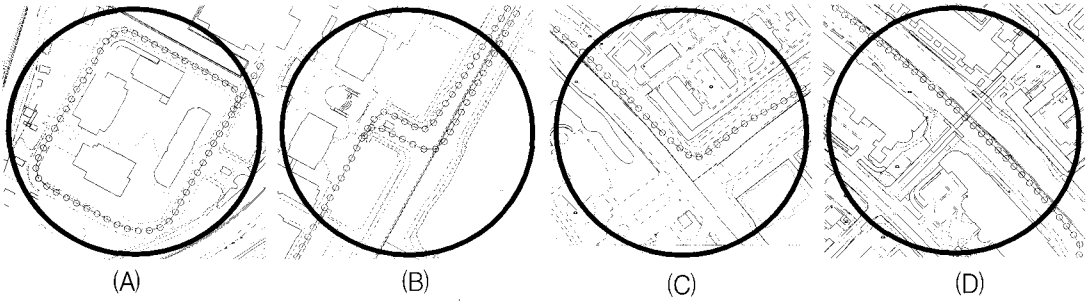
[그림 7] 차량운행궤적과 1:1,000 수치지도의 중첩

에서 출발하여 대화역과 주엽역을 지나 호수로를 거쳐 다시 원내로 돌아오는 약 6.6km 구간이었다. 위치정확도 산정을 위해 2000년에 국토지리정보원에서 제작한 1:1,000 수치지도를 사용하였다. [그림 7]은 10m 거리마다 취득된 위치정보를 기반으로 차량의 운행궤적을 1:1,000 수치지도를 중첩하여 나타낸 것이다. 수치지도 상에 나타난 도로주변에는 높은 건물이 많고 도로 위에는 두 개의 육교가 지나고 있어 GPS 신호 수신에 어려움이 있는 곳이었다. 교차로와 횡단보도가 많아 정차한 곳이 많았지만 주행 시의 평균속도는 약 40km/h 정도를 유지하였다.

POSPac의 출력결과에 의하면, 차량의 위치결정 시에는 평면의 경우 1.157m, 높이의 경우 1.654m의 표준편차를 보였다. 이는 단지 GPS, IMU, DMI 등의 자료에 의해 결정된 좌표의 신뢰도를 나타낸 것

이다. 실제 위치 정확도를 파악하기 위해서는 POSPac에서 출력한 위치와 실제 위치 간의 차이를 비교하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 [그림 7]과 같이 평면위치 정확도가 30cm로 알려진 1:1,000 수치지도를 기준으로 도로의 선형을 비교하였다.

[그림 8]은 주요 비교지역을 확대하여 나타낸 것이다. 그림에서 선형으로 배치된 작은 원은 10m 간격으로 영상이 촬영된 지점을 나타낸 것이다. A 지역은 한국건설기술연구원 구내를 주행한 궤적이고 B는 한국교통연구원 정문을 통해 진출입한 궤적으로서 도로 폭은 약 8m이다. C 지역은 교차로로서 도로 폭이 16m이고 D 지역은 육교가 있는 지역으로서 도로 폭이 15m이다. 지도상 모든 지역에서 주행 궤적이 도로선형과 일치하며 특히 도로 폭이 좁거나 회전이 발생한 지역, 육교가 있어 GPS 수신에 장애가 있는 지역에서



[그림 8] (A) 건설기술연구원 주변도로 주행궤적, (B) 교통개발연구원 정문진출입 궤적, (C) 교차로에서 우회전할 때의 궤적, (D) 육교 아래를 통과할 때의 궤적

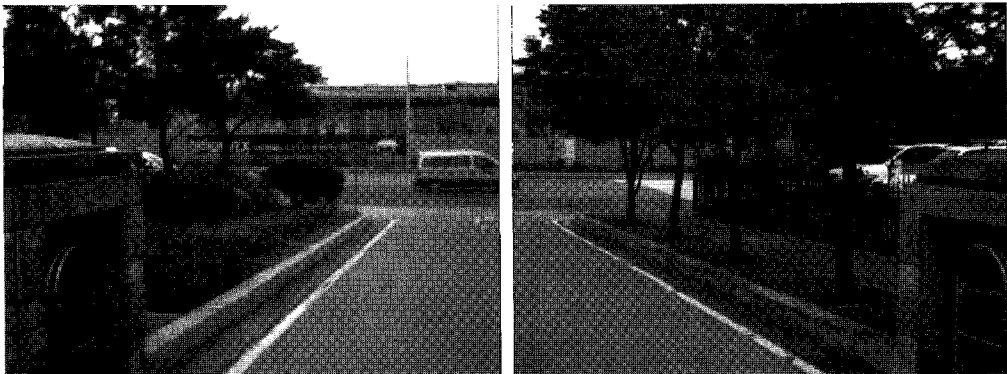
모두 선형이 일치함을 알 수 있다.

도로관리통합시스템에 도로영상을 추가하는 목적은 도로현황을 현장에 가지 않고도 빠르고 정확하게 파악하기 위함이다. 즉, 도로 및 도로시설물의 정량적인 분석보다는 도로환경을 정성적으로 분석하고자 하는 것이다. 따라서 본 연구에서는 두 대의 카메라를 각각 다른 방향(전방과 우측방)을 향하도록 하고 매 10m 간격으로 파노라마형식의 영상을 취득하였다. 취득된 영상 중 [그림 9]는 [그림 8]의 (B)에 나타난 교통개발연구원 정문 출구를 지나면서 촬영한 영상이고 [그림 10]

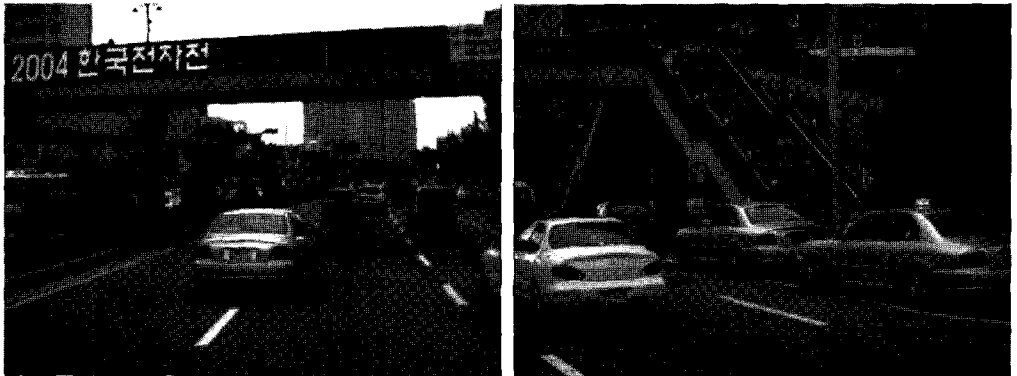
은 역시 [그림 8]의 (D)에 나타난 육교 아래를 통과하기 직전에 촬영한 영상이다.

두 지점에서 촬영된 영상 모두 정확히 동기화되어있기 때문에 움직이는 차량이 동일한 위치에 나타난 것을 볼 수 있다. 또 각기 다른 위치에서 촬영된 영상임에도 불구하고 두 영상의 맞닿은 부분의 상이 비교적 잘 들어맞는 것을 알 수 있다.

이상의 실험결과를 통해 차량의 궤적이 도로의 선형과 일치하고 동시에 취득된 영상의 촬영시점이 정확히 일치함을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 개발된 도로영상수집차량은 도로영상을 취득



[그림 9] (B)한국교통연구원 정문출구 통과 시 촬영영상



[그림 10] (D)육교아래 통과직전 촬영영상

하고 이를 도로관리통합시스템에서 제공 하는데 적합할 것으로 판단된다.

6. 결 론

본 연구에서는 도로관리통합시스템에 도로영상을 제공하기 위해 도로를 주행하면서 일정 거리간격으로 2매의 고해상도의 칼라 CCD영상을 취득할 수 있는 도로영상취득차량을 개발하였다. 이 차량은 GPS, IMU, DMI 등의 센서를 통해 영상촬영지점의 평면위치를 약 2cm 이내의 정확도로 결정하는 것으로 알려져 있으나 실제 주행실험을 통해 도로영상수집차량으로서 요구되는 평면위치정확도를 나타내는 것을 알 수 있었다. 도로영상수집차량에서는 매 10m마다 영상을 취득하며 각 영상마다 위치정보가 기록되도록 개발하였다.

이 차량을 이용하여 2006년 상반기까지 전국의 일반국도를 모두 촬영하고 거리표, 분기, 교량, 터널, 도로대장구간, 경계

표지판 등의 시설물의 위치정보도 함께 취득할 계획이다. 도로망도와 연계된 도로영상은 도로현황을 보다 신속하고 명확하게 파악할 수 있으므로 도로관리 및 대책수립에 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

참고문헌

건설교통부, 2004, 도로관리통합시스템 유지관리연구 1차년도.
 건설기술연구원, 2003, 도로시설물 DB 작성을 위한 Digital Photologging 활용방안.
 Applanix, 2003, POS LV Specifications.
 Applanix, 2003, POS LV User Manual.
 Cameron Ellum, Naser E-Sheimy, 2002, Land-Based Mobile Mapping Systems, PE&RS, January.
 Graefe, G., W. Casparty, H. Heister, J. Klemm and M. Sever., 2001, The Road Data Acquisition System MoSES-Determination and Accuracy of Trajectory Data Gained with the Applanix POS/LV. Proceedings of the 3rd International Symposium on Mobile Mapping Technology(MMS 2001). Cairo, Egypt. January 3~5, 2001. On CD-ROM.